

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah Domestik**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, air limbah merupakan air sisa dari suatu hasil usaha dan/ atau kegiatan. Sedangkan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air.

Air limbah domestik yang dihasilkan dari kota-kota kecil dan kota-kota mengandung polutan organik, anorganik, dan mikroba dalam jumlah yang tinggi dan karena itu memerlukan perhatian yang tepat sebelum dibuang. Paparan dan akumulasi polutan dalam air menyebabkan efek buruk pada kehidupan manusia dan lingkungan. Di seluruh dunia, air limbah domestik secara konvensional dirawat oleh tangki septik yang digunakan sebagai perawatan primer (Mueller, Paris, & Hackner, 2008).

Baku mutu yang digunakan untuk mengatur limbah domestik yakni PERMENLHK No. 68 tentang Baku Mutu Air limbah Domestik. Peraturan ini dibuat untuk menjamin seluruh air limbah domestik yang masuk ke badan air tidak melebihi dari baku mutu air sehingga tidak mencemari lingkungan.

#### **2.2 Indikator Kualitas Perairan**

Parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas suatu perairan pada umumnya terdiri dari sifat biologis, sifat fisik dan sifat kimia.

### **2.2.1 Parameter Biologis**

#### **1. Fecal Coliform**

Menurut (Sastrawijaya, 2000), colifecal adalah bakteri coli yang berasal dari kotoran manusia dan hewan mamalia. Bakteri ini bisa masuk ke perairan bila ada buangan feses masuk ke dalam badan air. Kalau terdeteksi ada bakteri, maka air itu kemungkinan tercemar dan tidak dapat digunakan sebagai sumber air minum.

Di luar lingkungan inang yang mereka sukai, bakteri koliform fekal dapat bertahan hidup selama berminggu-minggu; E. coli, salah satu bakteri coliform fekal manusia yang paling umum, dapat bertahan hidup di air minum dari antara empat hingga 12 minggu, dan dapat menyebabkan penyakit pada manusia (Minor, 2007).

### **2.2.2 Parameter Fisik**

#### **1. Suhu**

Air yang baik harus memiliki temperatur yang sama dengan temperatur udara (20-30°C). Air yang sudah tercemar mempunyai temperature di atas atau dibawah temperatur udara. Sampel air pada ke dua lokasi mempunyai suhu 26°C. Tinggi rendah suhu air sungai dipengaruhi oleh suhu udara sekitarnya dan intensitas paparan sinar matahari yang masuk ke badan air, intensitas sinar matahari dipengaruhi oleh penutupan awan, musim dan waktu dalam hari, semakin banyak intensitas sinar matahari yang mengenai badan air maka akan membuat suhu air sungai semakin tinggi ( (Agustiningsih, 2012)

#### **2. Derajat Keasaman (pH)**

pH menyatakan intensitas kemasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. pH merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air karena pengaruhnya terhadap proses-proses

biologis dan kimia di dalamnya. Air yang diperuntukkan sebagai air minum sebaiknya memiliki pH netral (+7) karena nilai pH berhubungan dengan efektifitas klorinasi. pH pada prinsipnya dapat mengontrol keseimbangan proporsi kandungan antara karbon dioksida, karbonat dan bikarbo (Chapman, 2000).

Derajat keasaman (pH) air yang lebih kecil dari 6,5 atau pH asam meningkatkan korosifitas pada bendabenda logam, menimbulkan rasa tidak enak dan dapat menyebabkan beberapa bahan kimia menjadi racun yang mengganggu kesehatan (Sutrisno, 2006).

#### 1. Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (Nephelometrix Turbidity Unit) yang dinyatakan dalam satuan unit turbiditas. Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri (Effendi, 2003). Kekeruhan air ditimbulkan oleh adanya bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air yang dihasilkan oleh limbah buangan industri maupun limbah rumah tangga.

### **2.23 Parameter Kimia**

#### 1. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut dalam air dibutuhkan organisme untuk melakukan respirasi, pertumbuhan, perkembangbiakan dan proses metabolisme. Selain itu, oksigen terlarut juga berperan dalam dekomposisi bahan organik di perairan. (Odum, 1971) menyatakan bahwa kadar oksigen dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm

dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Swingle, 1968).

#### 1. Biological Oxygen Demand (BOD)

Menurut (Mays, 1996), BOD dapat diartikan sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Biological Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) adalah prosedur eksperimental standar untuk menentukan kebutuhan oksigen relatif untuk mikroba air untuk mengkonsumsi bahan organik di air limbah, limbah pabrik pengolahan air limbah (IPAL), atau air alami (American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation, 2005).

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO<sub>0</sub>) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap (20<sup>0</sup>C) yang sering disebut dengan DO<sub>5</sub>. Perlakuan dalam kondisi gelap ini bertujuan agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai DO<sub>5</sub>

#### 2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Keberadaan COD di lingkungan akan memberikan dampak pada manusia dan lingkungan, diantaranya adalah banyaknya biota air yang mati karena konsentrasi oksigen terlarut dalam air terlalu sedikit dan semakin sulitnya mendapatkan air sungai yang memenuhi kriteria sebagai bahan baku air minum (BBTKL-PPM, 2010)

## 1. Amonia

Dalam (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia NO. 82, 2001) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu amonia untuk sungai kelas satu adalah sebesar 0,5 mg NH<sub>3</sub>- N/liter. Nitrogen dilarutkan dalam banyak jenis air limbah sebagai amonia, nitrit dan nitrat dan sebagai molekul organik seperti asam amino. Selain itu terkandung dalam partikel organik tersuspensi. Konten rata-rata dalam limbah, misalnya, adalah sekitar 40 mg l<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub> - N dan sekitar 20 mg l<sup>-1</sup> org. Selama degradasi biologis nitrogen organik diubah menjadi amonia.

Amonia dioksidasi oleh bakteri menjadi nitrit dan nitrat dan proses ini dapat menyebabkan deplesi oksigen terlarut (DO) dan kemungkinan kematian ikan. Reaksi nitrifikasi juga menghasilkan ion H<sup>+</sup>, yang dapat menyebabkan penurunan pH jika alkalinitas air tidak mencukupi. Konsentrasi tinggi nitrit dan nitrat (> 10 mg L<sup>-1</sup> N) dalam air minum menyebabkan methemoglobinemia pada bayi (sindrom bayi biru) dan meningkatkan pembentukan nitrosamin karsinogenik (Wiesmann, 1994).

Menurut Widayat, Suprihatin & Herlambang (2010) pada konsentrasi 1 mg NH<sub>3</sub>/liter, beberapa jenis ikan akan mati lemas karena amonia dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air. Untuk mengurangi konsentrasi amonia yang terkandung dalam buangan air limbah domestik baik segar maupun telah terolah, perlu adanya suatu pengolahan terlebih dahulu atau lebih lanjut sebelum dibuang ke perairan/badan air. Penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara pengolahan, yaitu dengan pengolahan secara fisik/kimiawi, biologis, ataupun gabungan keduanya (Sedlak, 1991).

### 2.3 IPAL Komunal

Volume besar limbah yang tidak diolah yang dibuang ke danau dan sungai di pedesaan menjadi sumber utama pencemaran lingkungan dan potensi bahaya kesehatan bagi penduduk setempat . Tuntutan tujuan kesehatan masyarakat dan kualitas air harus dipenuhi menggunakan teknologi pengolahan limbah pedesaan yang terdesentralisasi. Pengolahan limbah terdesentralisasi adalah metode pengolahan air limbah yang paling populer di desa-desa, dan teknologi pengolahan primer yang paling umum digunakan di daerah pedesaan adalah tangki septik (Guo, LIU, Chen, LIU, & YANG, 2015). Namun, proses tangki septik tidak efisien untuk pengolahan air limbah domestik karena septic tank memiliki efisiensi perawatan yang sangat buruk dan sering bocor. Septic tank hanya melakukan *pretreatment* mekanis sederhana. Hampir semua polutan terlarut, sebagian besar unsur hara nitrogen dan fosfor dan banyak patogen yang tersisa dalam limbah. Hanya sekitar 40% dari BOD yang dibuang di septic tank. Bahkan di mana saluran pembuangan untuk limbah mereka disediakan, air tanah menjadi tercemar. Penggunaan kembali efluen dari tangki septik hampir tidak mungkin (Mueller, Paris, & Hackner, 2008).

Teknologi sederhana untuk pengolahan air limbah yang terdesentralisasi telah digunakan untuk waktu yang sangat lama di seluruh dunia. Instalasi pengolahan konvensional dengan beberapa jenis pengolahan biologis jauh lebih efektif daripada tangki septik, tetapi pengoperasian dan pemeliharaannya masih buruk. Perawatan biologis, diikuti dengan filtrasi pasir dan desinfeksi UV akan dapat menghasilkan limbah yang dapat digunakan kembali, tetapi sistem tersebut akan menjadi rumit, mahal dan sulit untuk dioperasikan dan dipelihara. Sehingga, dibutuhkan sistem pengolahan air limbah terdesentralisasi yang lebih efisien dan andal yang menghasilkan efluen kualitas air mandi dan dengan demikian memungkinkan penggunaan kembali limbah sebagai air layanan di rumah tangga, untuk irigasi atau untuk infiltrasi tanah (Mueller, Paris, & Hackner, 2008).

Padukuhan Mendirola ini adalah salah satu pedukuhan yang ada di wilayah Kabupaten Sleman yang menerima program Sanimas. Adanya program ini bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat melalui sarana sanitasi IPAL komunal yang berbasis masyarakat. IPAL yang dibangun ini berkapasitas 500 jiwa. Unit pengolahan yang digunakan dalam IPAL ini yakni, bak equalisasi, bak Pengendap, *anaerobic baffled reactor*, *anaerobic filter*, *horizontal gravel filter* dan kolam stabilisasi. Dengan adanya pengolahan ini, diharapkan air olahan dari IPAL ini tidak berbahaya apabila dibuang ke lingkungan.

## 2.4 Biofilm

Biofilm merupakan pertumbuhan mikroorganisme secara terstruktur pada permukaan padatan sehingga membentuk lapisan tipis (Krishnappa, Veeregowda, & Prakash, 2003). Pengolahan air menggunakan biofilm yakni proses pengolahan limbah secara biologis dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses biofilm dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya diisi media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi (Said, Teknologi Pengolahan Air Limbah, 2002).

Pembentukan biofilm dimulai dari beberapa bakteri yang hidup bebas (sel planktonik) melekat pada suatu permukaan, kemudian memperbanyak diri dan membentuk satu lapisan tipis (monolayer) biofilm. Pembelahan akan berhenti selama beberapa jam dan pada masa ini terjadi banyak sekali perubahan pada sel planktonik, yang akan menghasilkan transisi sel planktonik menjadi sel dengan fenotip biofilm. Sel biofilm berbeda secara metabolik dan fisiologik dari sel planktoniknya (Gunardi, 2007).

Kecepatan pelekatan bakteri akan berbeda-beda tergantung pada struktur dan daya rekatnya. Beberapa bakteri seperti substansi polimer ekstra seluler dan fimbriae memiliki struktur dan daya rekat yang kuat, sehingga dengan cepat akan melekat erat pada permukaan media. Tetapi ada juga bakteri yang membutuhkan waktu kontak yang lama agar dapat melekat erat pada permukaan media (Garcia-Garibay & Marshall, 1991).

## **2.5 Media Biofilter**

Media biofilter yang digunakan secara umum berasal dari bahan organik maupun anorganik. Media biofilter dari bahan organik biasanya berasal dari bahan organik misalnya tali, jaring, butiran tak teratur, papan, sarang tawon, dan lain-lain. Sedangkan media biofilter dari bahan anorganik bersal dari batu pecah, kerikil, marmer, tembikar, batu bara, dan lainnya (Said, Pengelolaan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta, 2008).

Dalam pemilihan media biofilter harus disesuaikan dengan jenis limbah yang akan diolah. Sehingga memungkinkan untuk pengolahan dengan efisiensi yang baik. Kriteria pemilihan media biofilter yakni (Said, Pengelolaan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta, 2008):

1. Mempunyai luas permukaan spesifik besar
2. Mempunyai fraksi volume rongga yang tinggi
3. Diameter celah yang besar
4. Tahan terhadap penyumbatan
5. Dibuat dari bahan yang inert
6. Mempunyai kekuatan mekaniknya yang baik
7. Pemeliharaan yang mudah
8. Reduksi

cahaya



### 1. Sifat kebasahan

Perbandingan antar media biofilter dapat dijelaskan pada tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1 Media Biofilter**

| Media              | Kelebihan   | Kekurangan   |
|--------------------|---|--|
| Batuan dan kerikil | Luas permukaan spesifik tinggi, bersifat inert, kekuatan mekanikal yang baik dan memiliki sifat kebasahan yang baik | Vulome rongganya rendah, berat dan kurang cocok digunakan sebagai media biofilter skala komersial      |
| Bioball            | Luas permukaan spesifik tinggi, pemasangannya mudah, ringan, mudah dicuci.  | Media filter ini akan berfungsi dengan baik apabila telah digunakan setelah berumur 40 hari atau lebih |
| Spons              | Mudah diperoleh, haranya ekonomis, stuktur pori yang baik   | Memakan cukup banyak tempat, kalau dilakukan pembersiha, akan banyak bakteri yang hilang               |

## 2.5 Prinsip Down Flow Hanging Sponge

*Down-flow Hanging Sponge* (DHS) reactor merupakan salah satu system dalam mengolah air limbah domestic yang didesain untuk mengurangi

produksi lumpur dari suatu sistem instalasi pengolahan air limbah. Sistem ini pertama kali dipublikasikan secara internasional pada tahun 1997 dengan prinsip penggunaan spons poliuretan sebagai media untuk menahan biomassa (Tandukar, Machdar, Uemura, & Harada, 2005).

Prinsip kerja sistem DHS hampir sama dengan sistem trickling filter. Media filter yang digunakan adalah dengan menggunakan rangkaian spons yang terbuat dari bahan poliuretan yang disusun secara seri sebagai media untuk menahan mikroba biomassa. Sesuai dengan namanya, sistem ini bekerja dengan prinsip down-flow, dimana air limbah dialirkan dari bagian atas reaktor, kemudian terolah oleh mikroorganisme yang terdapat atau tumbuh di permukaan media spons pada saat air limbah tersebut mengalir melewati reaktor.

## **2.6 Batu Andesit**

Batu andesit adalah hasil letusan gunung berapi yang padat, berbentuk abu-abu kehitaman, dan memiliki banyak pori-pori pada bagian permukaannya. Kandungan mineral dalam bumi sebagian akan keluar pada saat terjadi proses erupsi gunung api. Kandungan bahan kimia pada material sangat tergantung dari sumber magma. Pada batuan vulkanik yakni andesit, mengandung unsur silika 52-63%, jumlah ini berbeda-beda pada setiap batuan vulkanik lainnya (Ivanov, Shoba, & Krasinikov, 2014).

Batu andesit memiliki luas permukaan silika yang besar 300- 800 m<sup>2</sup>/g, akibat dari banyaknya pori yang dimilikinya. Sifat yang paling penting dari silika adalah sebagai adsorben yang dapat diregenerasi. Silika memiliki kemampuan menyerap yang sangat besar terhadap molekul-molekul air (Mahmoud & Soliman, 1999).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian yang dilakukan, diperlukan referensi dari penelitian-penelitian terdahulu sebagai dasar pijakan peneliti dalam penyusunan penelitian ini.

**Tabel 2.2 Media Batu Sebagai Media Pertumbuhan Terlekat**

| Media         | Deskripsi  | Referensi                            |
|---------------|--|--------------------------------------|
| Batu bata     | Pada batu bata dengan ketebalan 50 cm dapat meremoval jumlah mikroba sebanyak 83,7% dan kekeruhan sebanyak 62,7%. Sedangkan pada pada batu bata dengan ketebalan 60 cm dapat menurunkan jumlah mikroba sebesar 98,2% dan kekeruhan sebesar 67,9% | (Aidah, Nurjazuli, & Nurulita, 2009) |
| Batu andesit  | Biosand filter berbahan dasar batu andesit dapat menurunkan kadar BOD hingga 80% dan COD hingga 71%  | (Edwin , Dewilda, & Alda, 2014)      |
| Batu Vulkanik | Biosand filter berbahan dasar batuan vulkanik mampu mernurunkan kadar BOD sebesar 45,61%, COD sebesar 46,04%, Amonia sebesar 82,15%,   | (Wardika & Prihandono, 2015)         |

| Media | Deskripsi | Referensi |
|-------|-----------|-----------|
|       | dan TSS   |           |

| Media                     | Deskripsi  | Referensi                                   |
|---------------------------|--|---|
|                           | sebesar 82,84%   |   |
| Batu Scoria               | Menurunkan kadar COD hingga 80%  | (Sagastume & Noyola, 2008)                  |
| Batu Vulkanik dan kerikil | TSS lebih dari 80%, Total Nitrogen lebih dari 40%. Namun, pada pengurangan Total Phosphorus pada kerikil sebesar 65% sedangkan batu vulkanik kurang dari 65%   | (Chen, Cheng, Niu, & Kim, 2013)             |
| Batu vulkanik berporos    | Biodegradasi aerobik asam merah 151 dalam batch sekuens biofilter terdegradasi dengan efisiensi yang bervariasi antara 60% dan 99% dengan nilai rata-rata 88%. | (Buitron, Quezada, & Moreno, 2004)          |
| Batu                      | Pada trickling filter menggunakan media batu, pengurangan BOD sampai dengan 92,02%, pengurangan COD sampai dengan 92.02%                                       | (Rasool, Rehman, Naz, Ullah, & Ahmed, 2017) |